

**ANALISA PENGARUH *FILLER METAL ZINC*
TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN LAS TITIK BEDAMATERIALANTARA
BAJA TAHAN KARAT DAN ALUMUNIUM**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan
Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh:

WISNU SUPRIYADI

D200130050

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

**ANALISA PENGARUH *FILLER METAL ZINC*
TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN LAS TITIK BEDA
MATERIAL ANTARA BAJA TAHAN KARAT DAN ALUMINIUM**

PUBLIKASI ILMIAH

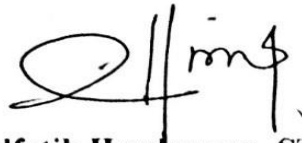
Oleh :

WISNU SUPRIYADI

D200130050

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



M. Alfatih Hendrawan, ST, MT.

NIK.976

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA PENGARUH *FILLER METAL ZINC*
TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN LAS TITIK BEDA
MATERIAL ANTARA BAJA TAHAN KARAT DAN ALUMINIUM**

Oleh:

WISNU SUPRIYADI

D200130050

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Jumat, 13 April 2018

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. M. Alfatih Hendrawan, S.T., M.T.

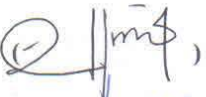


(Ketua Dewan Penguji)

2. Dr. Tri Widodo Besar Riyadi

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Ir. Ngafwan, MT

(Anggota II Dewan Penguji)

()
()
()

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

NIK.682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar krsarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, April 2018

Yang Menyatakan



WISNU SUPRIYADI

D200130050

ANALISA PENGARUH *FILLER METAL ZINC* TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN LAS TITIK BEDA MATERIAL ANTARA BAJA TAHAN KARAT DAN ALUMINIUM

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi semakin maju, Seiring kemajuan teknologi membuat kebutuhan pengelasan semakin dibutuhkan. Las titik merupakan salah satu metode pengelasan resistansi listrik yang sering digunakan pada industri otomotif. Baja tahan karat dan aluminium merupakan material yang tidak bisa lepas dalam bidang industri otomotif. Dalam penelitian ini menggunakan metode pengelasan titik dengan logam tak sejenis dan *filler metal zinc*. Penelitian dilakukan dengan parameter arus 6000 A, 7000 A, 8000 A dan waktu pengelasan 0,2 detik, 0,3 detik, 0,4 detik. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian tarik-geser dengan standar uji ASME QW-462.9 dan pengujian *vickers microhardness* dengan standar uji AWS D8.9-97. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *filler metal zinc* berpengaruh *Positif* terhadap kekuatan sambungan las. Kekuatan sambungan las paling optimal terjadi pada spesimen menggunakan *filler* pada variasi arus 8000 A dan *weld time* 0.4 detik dengan nilai sebesar 1374.22 N. Sedangkan hasil pengujian kekerasan diperoleh hasil bahwa kekerasan yang paling optimal terdapat pada *spesimen* menggunakan *filler* dengan variasi arus 8000 A dan waktu 0,4 detik. Kekerasan pada daerah *nugget* mempunyai nilai yang paling tinggi disusul daerah *HAZ* dan kekerasan paling rendah berada pada logam induk.

Kata Kunci: *Las Titik, Beda Material, Filler Metal Zinc, Uji Mekanik*

ABSTRACT

Technological developments in the field of construction increasingly advanced, Along with technological advances make welding needs increasingly needed. Las point is one of the electric resistance welding methods that are often used in the automotive industry. Stainless steel and aluminum are non-detachable materials in the automotive industry. In this research used point welding method with unlike metals and zinc filler metal. The research was done with current parameters of 6000 A, 7000 A, 8000 A and welding time 0,2 second, 0,3 second, 0,4 second. The tests were tensile test with ASME QW-462.9 test standard and vickers microhardness test with AWS test standard D8.9-97. The results showed that the addition of zinc filler metal positively affect the strength of welded joints. The most optimal welded joint strength occurred in the specimens using the filer on the current variation of 8000 A and weld time 0.4 seconds with the value of 1374.22 N. While the results of hardness testing obtained results that the most optimal hardness is found in specimens using filler with variations of current 8000 A and time 0.4 seconds. The hardness of the nugget area has the highest value followed by the HAZ region and the lowest hardness is in the parent metal.

Keywords: *Spot Welding, Dissimilar Material, Filler, Mechanical Test*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dibidang konstruksi semakin maju, baik didalam perakitan maupun perawatan. Seiring kemajuan teknologi dalam bidang konstruksi manufaktur, membuat pengelasan semakin dibutuhkan. Semakin luas penggunaan las mempengaruhi kebutuhan penggunaan teknologi las. Teknologi pengelasan terbagi dalam beberapa jenis, salah satunya adalah las titik (*spot welding*). Las titik (*spot welding*) yaitu suatu proses dimana dua atau lebih material berbentuk plat/lembaran dijepit diantara dua buah elektroda kemudian disambungkan menggunakan energi panas yang dihasilkan dari tahanan (*resistance*) arus listrik.

Las titik (*spot welding*) tidak hanya digunakan untuk industri otomotif, tetapi juga dapat diterapkan pada bidang perkapalan, konstruksi, jembatan, kendaraan, rel kereta api, rangka baja, (Wirjosumarto, H. dan T. Okumora, 2000). Ketersediaan bahan bakar fosil yang semakin menipis menuntut manusia untuk berinovasi dalam penghematan energi, salah satunya adalah dengan mengurangi berat kendaraan dengan tujuan berat suatu konstruksi akan lebih ringan, tetapi tidak mengurangi kualitas dari sifat fisis, sifat kimia dan berat dari suatu material. Jenis material yang digunakan akan mempengaruhi berat dari kendaraan yang berimbas pada efisiensi konsumsi bahan bakar. Dalam mendesain sebuah konstruksi kendaraan banyak hal yang harus dipertimbangkan, salah satunya adalah material yang digunakan. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut dalam suatu produksi, maka jenis material yang digunakan sebagai bahan baku harus baik, mampu las, mampu diperbaiki.

Las titik (*spot welding*) tidak hanya digunakan untuk material yang sejenis, tetapi juga bisa digunakan untuk material tak sejenis. Penggabungan material beda jenis dengan metode pengelasan titik sudah dilakukan oleh beberapa peneliti. Namun dari penelitian tersebut belum ada yang menerapkan logam seng (Zn) sebagai *filler* untuk sambungan las antara material baja tahan karat dan aluminium. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam tentang pengaruh variasi parameter arus dan waktu pengelasan terhadap sifat mekanik hasil sambungan las titik antara baja tahan karat dan aluminium menggunakan logam seng (Zn) sebagai *filler*.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

- 1) Mendeskripsikan pengaruh *filler* logam seng (Zn) terhadap kekuatan sambungan las

dengan analisis grafis dan statistik.

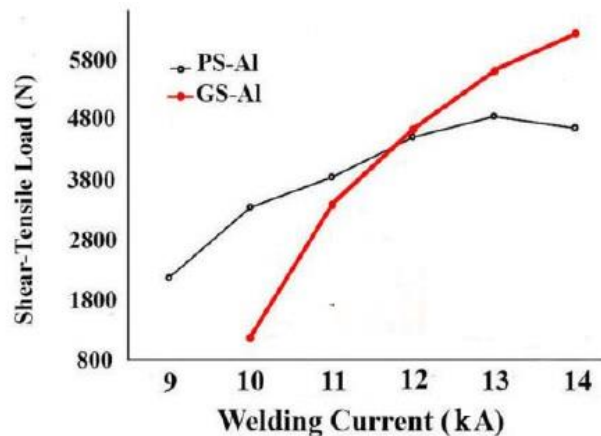
- 2) Menentukan variasi arus dan waktu yang paling optimal terhadap beban tarik-geser sambungan las.
- 3) Membandingkan pengaruh seng (Zn) sebagai *filler* terhadap peningkatan kekerasan logam induk (*Base Metal*), daerah yang terpengaruh panas (*HAZ*) dan logam las (*Nugget*) antara baja tahan karat dan aluminium.
- 4) Mengidentifikasi pengaruh variasi arus dan waktu yang paling maksimal terhadap kekerasan sambungan las

1.3 Batasan Masalah

- 1) Bahan yang diuji adalah baja tahan karat, aluminium, dan seng.
- 2) Suhu ruangan saat proses pengelasan dianggap selalu konstan.
- 3) Kekasaran permukaan semua spesimen sama.
- 4) Gaya yang diberikan pada pedal las titik saat pengelasan dianggap selalu sama.
- 5) Perhitungan *holding time* pada stopwatch dianggap sudah sesuai dengan yang diharapkan yaitu 5 dt.
- 6) Besarnya diameter elektroda las titik dianggap konstan.
- 7) Pengujian sifat mekanik yang dilakukan :
 - Pengujian tarik
 - Pengujian kekerasan
- 8) Pada pengujian kekerasan, pemotongan spesimen sudah berada tepat di tengah logam las dan pengujian sudah tepat di daerah *Base Metal*, *HAZ* dan *Weld Nugget*.

1.4 Tinjauan Pustaka

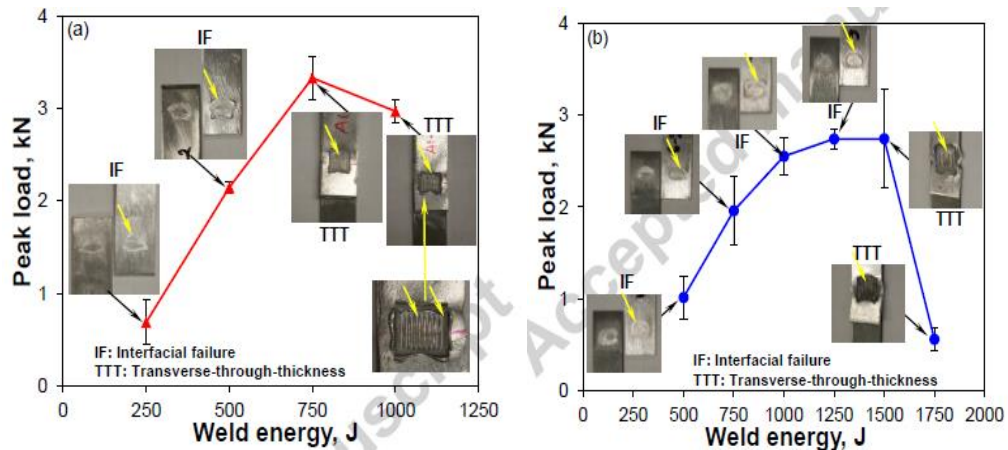
Arghavani, M. dkk (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh lapisan seng pada *resistence spot welding* sambungan beda material antara baja dan aluminium. Sambungan material pada penelitiannya terdapat 2 jenis, yaitu sambungan antara material baja St-12 dengan aluminium seri 5052 (PS-AL) dan sambungan antara baja galvanis dengan aluminium seri 5052 (GS-AL). Ketebalan material baja 1 mm dan aluminium 2 mm dengan variasi parameter arus pengelasan yang digunakan 9; 10; 11; 12; 13; 14 kA.



Gambar 1 Hubungan antara arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan geser

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik dan geser dari sambungan material baja st-12 dan aluminium mempunyai nilai yang lebih tinggi daripada sambungan baja galvanis dan aluminium. Hal ini berhubungan dengan rendahnya kontak hambatan sambungan baja galvanis/Al-5052 dan konsumsi panas dengan mencairnya lapisan seng pada baja galvanis. Variasi arus pengelasan juga berpengaruh terhadap kekuatan sambungan las. Semakin besar arus yang diberikan maka semakin besar pula kekuatan yang dihasilkan sambungan las. Hal ini disebabkan karena diameter *nugget* yang semakin besar seiring besarnya masukan panas yang diterima. Walaupun plat baja tidak meleleh selama pengelasan, namun plat Al-5052 meleleh dan membentuk *weld nugget*.

Penelitian tentang kekuatan sambungan las dan karakteristik tipe kegagalan sambungan las beda material antara aluminium dan baja tahan karat pernah dilakukan oleh Mirza, F. dkk (2016). Pada penelitiannya yang menggunakan pengelasan *ultrasonic spot welding* (USW) dilakukan pengujian terhadap 2 macam sambungan material, yaitu antara aluminium 6061-T6 dengan baja tahan karat AISI 304 dan aluminium 6061-T6 dengan baja ASTM A36 dengan ketebalan masing-masing 1,5 mm. Variasi yang digunakan adalah besarnya input *weld energy* yang diberikan antara 250; 500; 750; 1000; 1250; 1500; 1750 J.

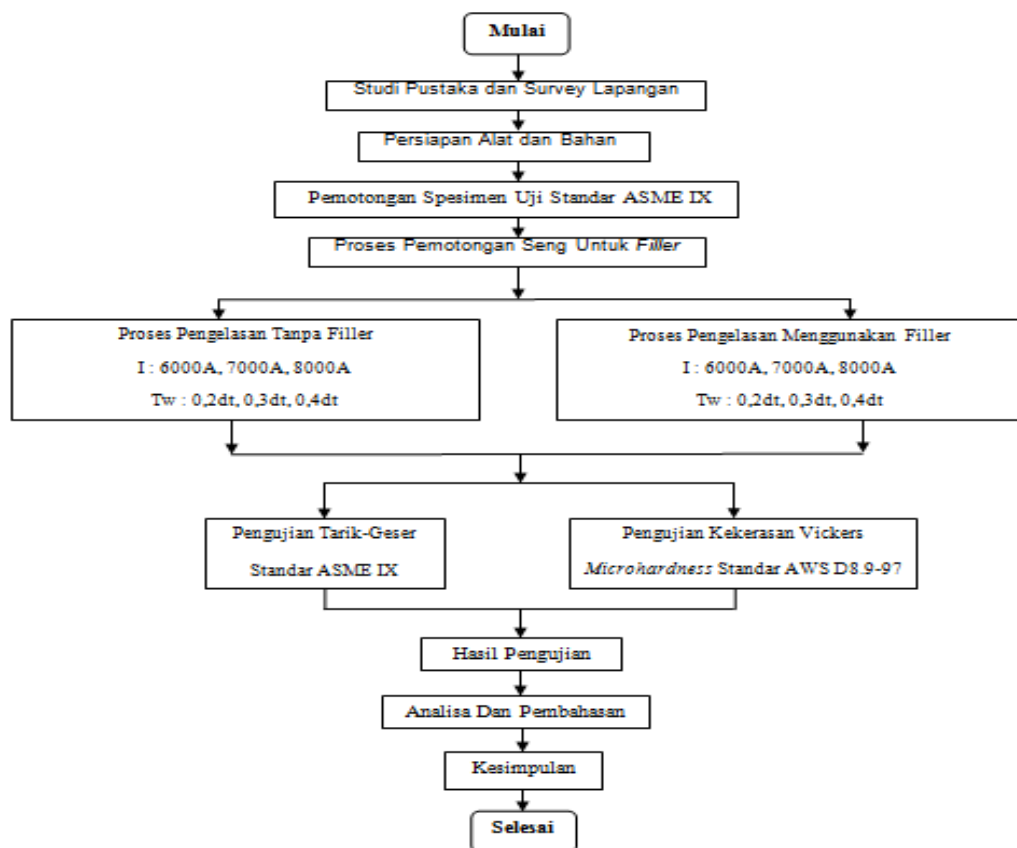


Gambar 2 Pengaruh energi pengelasan pada beban maksimal pengujian tarik-geser dan tipe kegagalan sambungan las USW material (a) aluminium 6061-T6 dengan baja tahan karat AISI 304 dan (b) Al 6061-T6 dengan baja ASTM A36. Jenis kegagalan sambungan dan lokasi kegagalan ditunjukkan dengan panah kuning (Mirza, F. dkk, 2016)

Hasil penelitian menunjukkan terdapat dua sifat kegagalan yang terjadi setelah pengujian tarik-geser. Dua sifat kegagalan tersebut adalah *interfacial failure* (IF) dan *transverse through thickness* (TTT) pada gambar 2.1. Sambungan aluminium 6061-T6 dengan baja tahan karat AISI 304 pada input energi 250 dan 500 J terjadi kegagalan tipe *interfacial failure*, sedangkan input energi 750 dan 1000 J terjadi kegagalan *transverse through thickness* (TTT). Sambungan Al 6061-T6 dengan baja ASTM A36 pada input energi 500; 750; 1000; 1250 J terjadi kegagalan tipe *interfacial failure*, sedangkan input energi 1500 dan 1750 J *transverse through thickness* (TTT). Hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa jika input energi pengelasan rendah maka cenderung terjadi tipe kegagalan *interfacial failure* dan input energi pengelasan tinggi maka cenderung terjadi tipe kegagalan *transverse through thickness* (TTT).

2. METODE

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian

2.2 Alat dan Bahan

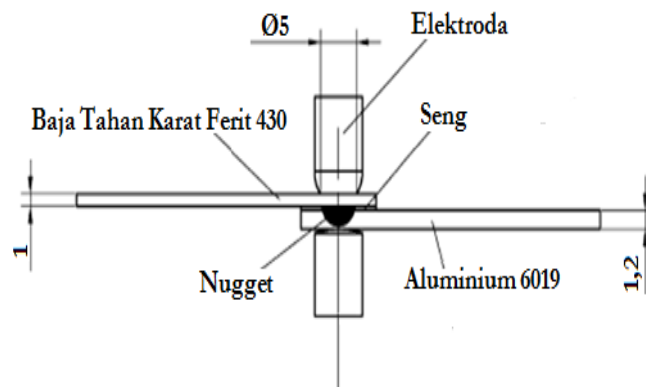
Bahan yang di gunakan adalah baja tahan karat tipe *ferrit* 430 dengan ketebalan 1 mm, alumunium seri 6019 dengan tebal 1,2 mm dan metal *Zinc* (Zn) bahan tersebut dibentuk sesuai dengan standar ASME QW-462.9.

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- 1) Mesin Las Titik tipe *AC Foot Operate Spot Welding*
- 2) Alat Uji Tarik-Geser (*Universal Testing Machine*)
- 3) Alat uji kekerasan (*Vickers Microhardness Machine*)

2.3 Langkah Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan pengelasan titik (*Spot Welding*) tipe sambungan tumpang (*Lap Joint*). Spesimen dibagi menjadi dua kelompok yaitu tanpa *filler* dan menggunakan *filler metal zinc* dengan variasi parameter arus dan waktu pengelasan yaitu arus 6000 A; 7000 A; 8000 A dan waktu pengelasan 0.2 detik; 0,3 detik 0,4 detik.

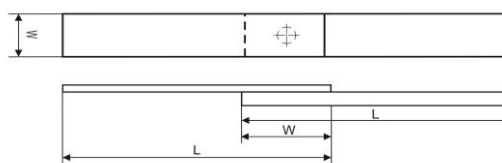


Gambar 4 Skema Pengelasan

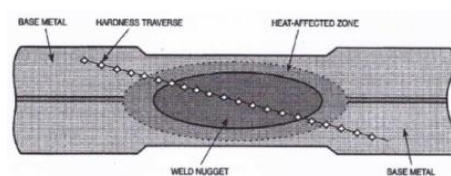
Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tegangan geser dan pengujian kekerasan: Pengujian tegangan geser pada penelitian ini menggunakan standard ASME QW-462.9 dengan ukuran sebagai berikut :

L = Panjang Spesimen 101,6 mm

W = Lebar 25,4 mm

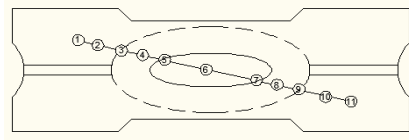


Gambar 5 Standar Pengujian geser ASME QW-462.9



Gambar 6 Standar pengujian kekerasan AWS D8.9-97

Pada gambar 6 menunjukkan pengujian kekerasan menggunakan aturan sesuai standar AWS D8.9-97. Semua pengujian dilakukan pada suhu $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Beban peneknan konstan yang digunakan adalah 0,2 Kg (1961 N) untuk semua penekanan, penekanan dilakukan dengan jarak 4mm atau tidak kurang dari rata-rata diagonal tiap sudut yang berdampingan pada lekukan. Kecepatan indentor mendekati permukaan spesimen tidak lebih dari 200 $\mu\text{m}/\text{detik}$. Waktu lama penekanan dari awal pemberian gaya pada pengujian adalah 10 detik.



Gambar 7 Daerah las material baja tahan karat dan *Aluminium* dengan *filler*

Gambar 7 menunjukkan daerah las material baja tahan karat dan *Aluminium* dengan *filler* dapat dilihat bahwa menurut standar AWS D8.9-97, pada angka 1-2 menunjukkan *Base metal* baja tahan karat, 3-4 menunjukkan daerah *HAZ* baja tahan karat, angka 5 menunjukkan daerah *nugget* baja tahan karat, angka 6 menunjukkan *nugget mix*, angka 7 menunjukkan *nugget Aluminium*, angka 8-9 menunjukkan *HAZ Aluminium*, dan pada angka 10-11 menunjukkan *base metal aluminium*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Tegangan Geser (*Shear Tensile Test*)

Hasil pengujian tegangan geser antara spesimen *non filler* dan *filler* pada tiap parameter ditunjukkan pada tabel-tabel dibawah ini.

Tabel 1. Hasil Pengujian tegangan geser spesimen *nonfiller*

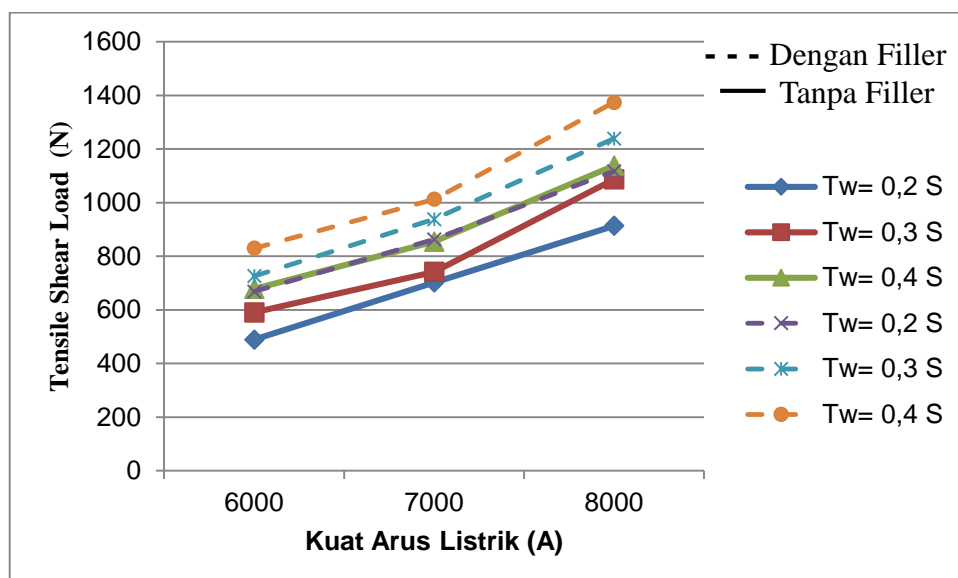
Eksperimen	Arus (A)	Waktu (dt)	$F_m(N)$		F_m Rata-rata (N)
			1	2	
1	6000	0,2	498,4	480,17	489,29
2		0,3	588,66	592,4	590,53
3		0,4	700,62	656,76	678,69
4	7000	0,2	728,36	675,9	702,13
5		0,3	761,39	721,73	741,56
6		0,4	865,44	843,6	854,52

7	8000	0,2	961,89	864,72	913,39
8		0,3	1102,49	1070,66	1086,58
9		0,4	1157,18	1119,35	1138,27

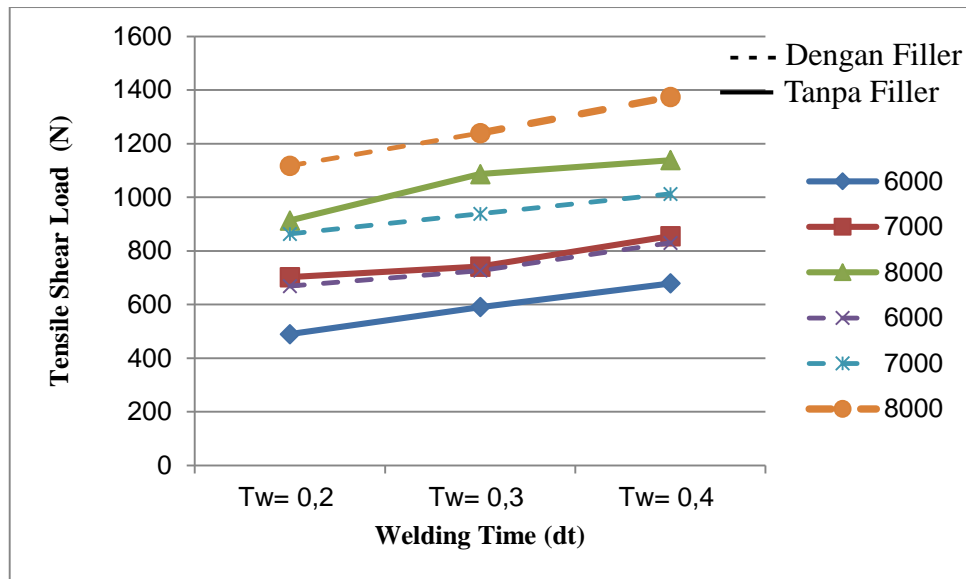
Tabel 2. Hasil Pengujian geser spesimen dengan *filler*

Eksperimen	Arus (A)	Waktu (dt)	$F_m(N)$		F_m Rata-rata (N)
			1	2	
1	6000	0,2	686,48	650,56	668,52
2		0,3	701,78	750,56	726,17
3		0,4	777,53	882,15	829,84
4	7000	0,2	824,13	901,97	863,05
5		0,3	925,24	951,3	938,27
6		0,4	1026,34	999,01	1012,68
7	8000	0,2	1198,43	1036,17	1117,3
8		0,3	1259,8	1218,01	1239,16
9		0,4	1450	1298,43	1374,22

Hasil pengujian pada tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa penggunaan *filler metal zinc* berpengaruh terhadap kekuatan geser pada sambungan las.



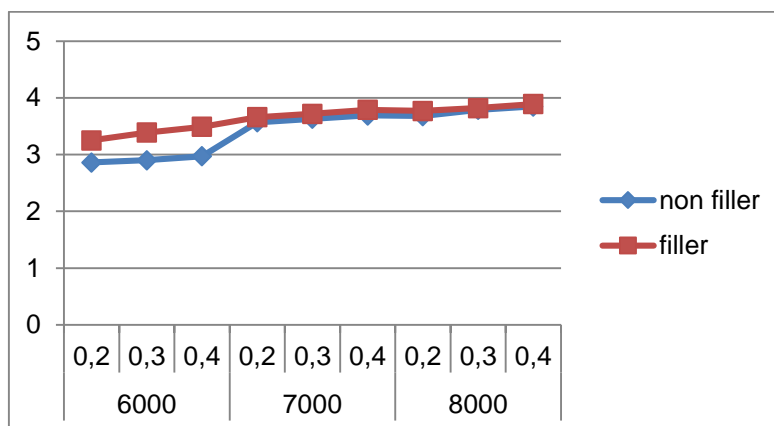
Gambar 8 Pengaruh arus listrik terhadap kekuatan geser sambungan las



Gambar 9 Pengaruh *welding time* terhadap kekuatan geser sambungan las

Dari grafik diatas dapat dilihat kekuatan sambungan las mengalami kenaikan, sedangkan hasil pengujian antara spesimen tanpa *filler* dan spesiemen dengan *filler* menunjukkan bahwa penggunaan *filler* berpengaruh terhadap kekuatan sambungan las.

Dari grafik diatas selain *filler*, pengaruh meningkatnya parameter arus listrik dan waktu pengelasan juga memberikan peningkatan terhadap kekuatan sambungan las. Untuk nilai kekuatan sambungan las yang paling optimal terjadi pada spesimen dengan *filler*, pada arus tertinggi 8000 A dan *weld time* 0,4 detik dengan nilai sebesar 1374,22 N.



Gambar 10 Grafik pengaruh penambahan *filler metal zinc* terhadap lebar logam las (*nugget*).

Peningkatan kekuatan tegangan geser sambungan las pada spesimen yang menggunakan *filler metal zinc* terjadi karena mempunyai diameter *nugget* yang lebih besar daripada spesimen tanpa *filler*. Ukuran diameter *nugget* merupakan parameter penting untuk menentukan kualitas dari hasil las titik (Hasanbasoglu,2006).

Dari gambar 10 pada penggunaan *filler metal zinc* cenderung mempunyai diameter *nugget* yang lebih besar daripada tanpa menggunakan *filler*. Ren X, (2013) mengatakan bahwa ukurannugget mempunyai pengaruh signifikan terhadap kekuatan sambungan las.Sedangkan semakin besar parameter arus listrik dan waktu pengelasan yang diberikan, maka semakin besar pula kekuatan sambungan las yang dihasilkan. Hasil penelitian sesuai dengan persamaan dasar masukan panas (*heat input*) pada las titik yaitu $H = I.R.t$ dimana kuadrat arus berbanding lurus terhadap masukan panas (*heat input*). Sedangkan arus yang besar akan mengakibatkan logam yang mencair dan membentuk nugget lebih lebar dan mengakibatkan kekuatan gesernya juga meningkat (Agustriyana L,dkk.2011).

Analisis statistika menggunakan *software* SPSS 19.Metode pengujian yang dilakukan adalah *T-Test*.

Tabel 3 Hasil pengujian statistika tegangan geser sambungan las.

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
nonfiller	9	100,0%	0	,0%	9	100,0%
filler	9	100,0%	0	,0%	9	100,0%

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
nonfiller	,160	9	,200(*)	,958	9	,782
filler	,127	9	,200(*)	,965	9	,853

* This is a lower bound of the true significance.

a Lilliefors Significance Correction

T-Test

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 nonfiller	799,4400	9	218,09111	72,69704

Filler	974,3567	9	234,95269	78,31756
--------	----------	---	-----------	----------

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 nonfiller & filler	9	,993	,000

Dari data diatas maka dapat dituliskan hipotesisnya, sebagai berikut:

H_0 = Hasil percobaan menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh kekuatan sambungan las antara spesimen menggunakan *filler* dan tidak menggunakan *filler*.

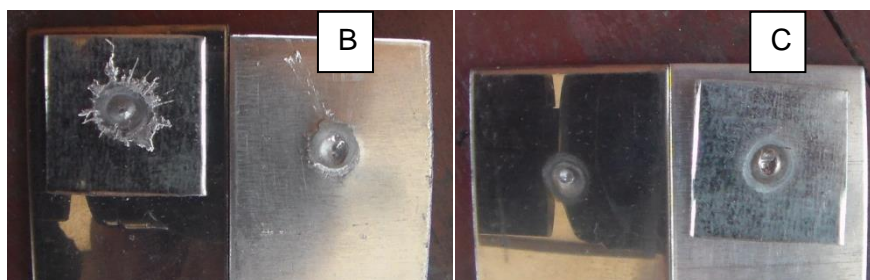
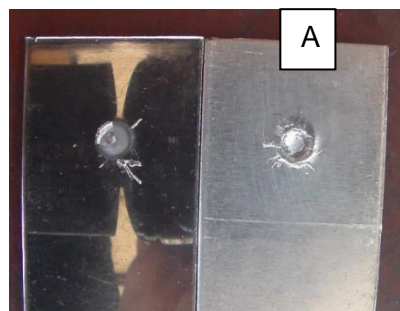
H_1 = Hasil percobaan menunjukkan bahwa ada pengaruh kekuatan sambungan las antara spesimen menggunakan *filler* dan tidak menggunakan *filler*.

Kriteria keputusan H_0 diterima atau ditolak berdasarkan nilai probabilitas (*p-value*) yaitu :

Jika *p-value* < *Sig*, maka H_0 ditolak

Jika *p-value* > *Sig*, maka H_0 diterima

Berdasarkan tabel 3 dan hipotesis, dari data diatas diperoleh probabilitas (*p-value*) 0,000, maka hipotesis H_0 ditolak dan hipotesis H_1 diterima, karena nilai probabilitas (*p-value*) 0,000 lebih kecil dari *Sig* 0,05. Kesimpulannya “Ada pengaruh kekuatan sambungan las antara spesimen menggunakan *filler* dan tidak menggunakan *filler*”.Ini artinya hasil percobaan memang ada pengaruh kekuatan sambungan las antara spesimen menggunakan *filler* dan tidak menggunakan *filler*.



Gambar 11 Pola kegagalan uji geser sambungan tanpa *filler* (A), menggunakan *filler* dan *filler* menempel pada baja tahan karat (B), menggunakan *filler* dan *filler* menempel pada aluminium (C)

Ada dua tipe pola kegagalan yang terjadi pada spesimen tanpa *filler* maupun menggunakan *filler*, *interfacial failure* merupakan mode kegagalan terjadi melalui perambatan retak melewati *nugget* dan *pull out failure* merupakan mode kegagalan yang terjadi melewati penarikan *nugget*.

3.2 Pengujian Kekerasan (*Vickers Microhardness*)

Tabel 4 Nilai kekerasan daerah las pada parameter 6000 A

6000 A	Nilai Kekerasan (HVN)					
Daerah Las	Non Filler			Filler		
	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec
BM SS	174,4	174,4	174,4	174,4	174,4	174,4
BM SS	188,9	188,9	188,9	188,9	188,9	188,9
HAZ SS	199,9	207,4	210,7	211,8	213	242
HAZ SS	205,6	217,9	224,2	232,2	226,7	254,5
Nugget SS	270	278,2	281,6	273,6	280	308,2
Nugget ZN				146,3	172,3	181,2
Nugget AL	50,3	70,6	82	45,7	56,8	69,5
HAZ AL	39,6	40,7	41,5	59,9	62,1	65,4
HAZ AL	38,9	43,2	42,6	48,2	60,8	65,6
BM AL	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2
BM AL	37,2	37,2	37,2	37,2	37,2	37,2

Tabel 5 Nilai kekerasan daerah las pada parameter 7000 A

7000 A	Nilai Kekerasan (HVN)
--------	-----------------------

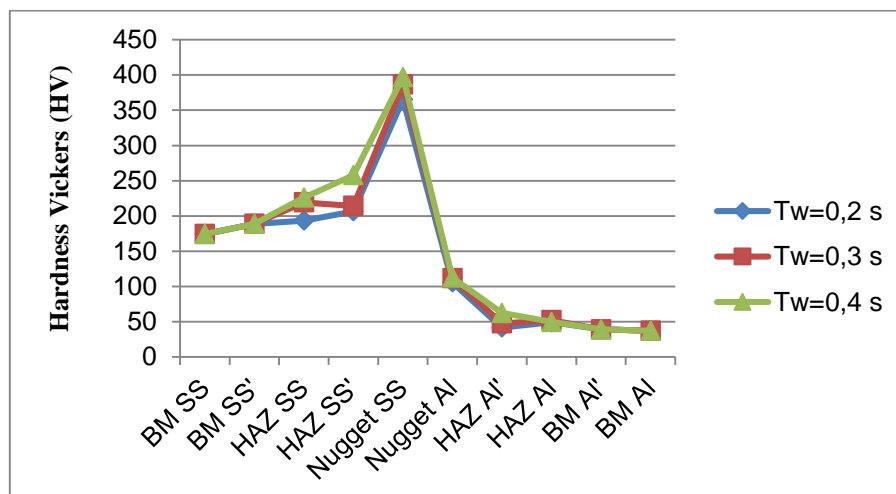
Daerah Las	Non Filler			Filler		
	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec
BM SS	174,4	174,4	174,4	174,4	174,4	174,4
BM SS	188,9	188,9	188,9	188,9	188,9	188,9
HAZ SS	189,5	201,3	195	198,2	212,4	249,5
HAZ SS	197,4	212,2	218,6	212,4	226,8	251
Nugget SS	283	363	371,5	290,2	373	379,5
Nugget ZN				145,4	167,5	191,9
Nugget AL	86,9	96,5	103,3	61,4	76,2	84,8
HAZ AL	41,1	53,6	63,6	46	45,5	62
HAZ AL	56,6	43,1	48,2	46,8	60,3	52,6
BM AL	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2
BM AL	37,2	37,2	37,2	37,2	37,2	37,2

Tabel 6 Nilai kekerasan daerah las pada parameter 8000 A

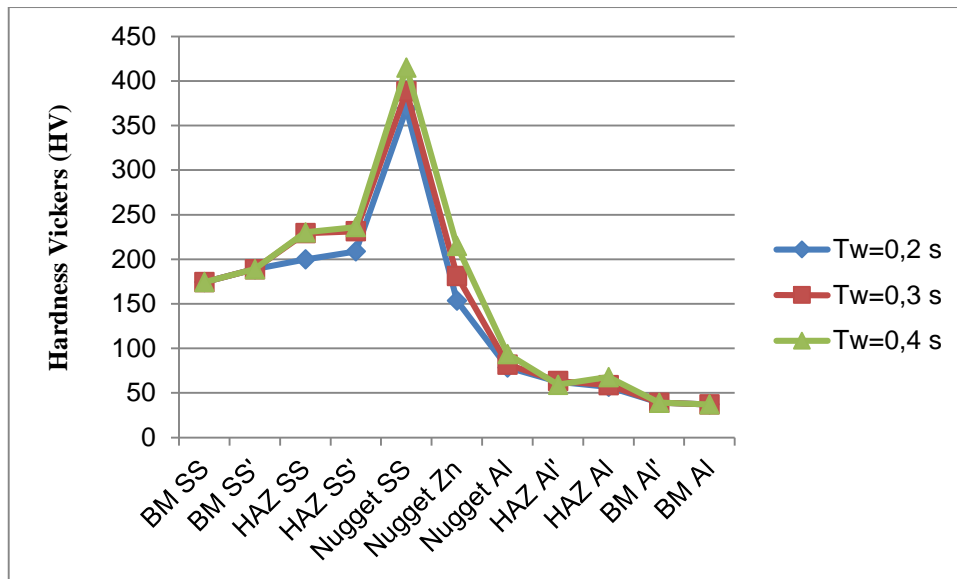
8000 A	Nilai Kekerasan (HVN)					
Daerah Las	Non Filler			Filler		
	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec
BM SS	174,4	174,4	174,4	174,4	174,4	174,4
BM SS	188,9	188,9	188,9	188,9	188,9	188,9
HAZ SS	193,4	219,2	226,1	199,8	229,2	230,1
HAZ SS	206,6	214,3	258	208,9	231,5	236,1
Nugget SS	365,3	386,5	397,1	369	388,4	415,2

Nugget ZN				153,6	181,3	214,9
Nugget AL	105,8	111,6	112,6	78,7	81,9	93,8
HAZ AL	41,6	47,5	62,2	62,6	63,3	59,2
HAZ AL	49,1	52,1	49,5	56,9	58,9	67,9
BM AL	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2
BM AL	37,2	37,2	37,2	37,2	37,2	37,2

Dari tabel 4, 5 dan 6 daerah yang memiliki nilai kekerasan paling tinggi adalah logam las (*Nugget*), disusul daerah *HAZ* dan yang paling rendah yaitu logam induk (*base meta*). Untuk variasi yang optimal terjadi pada parameter arus 8000 A dan waktu 0,4 detik.

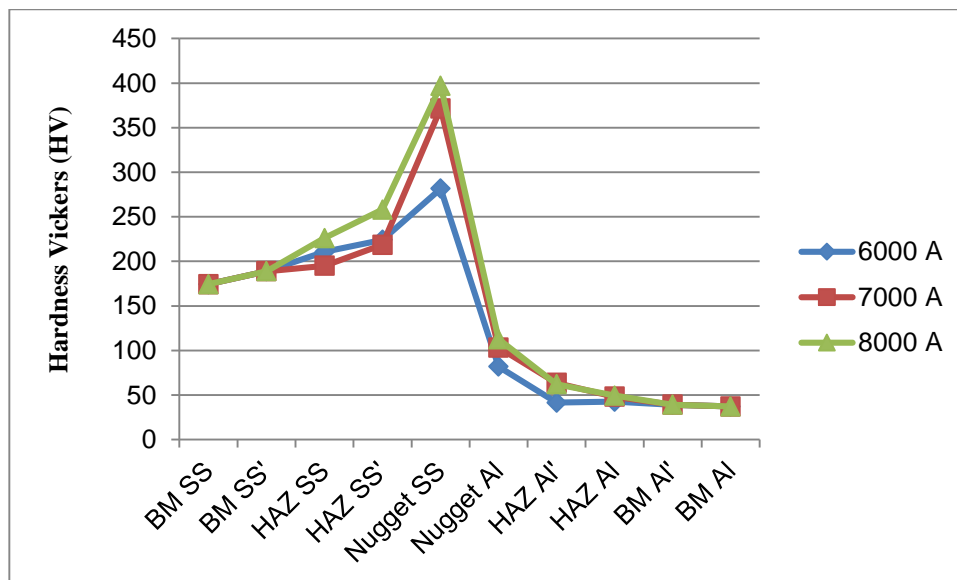


A

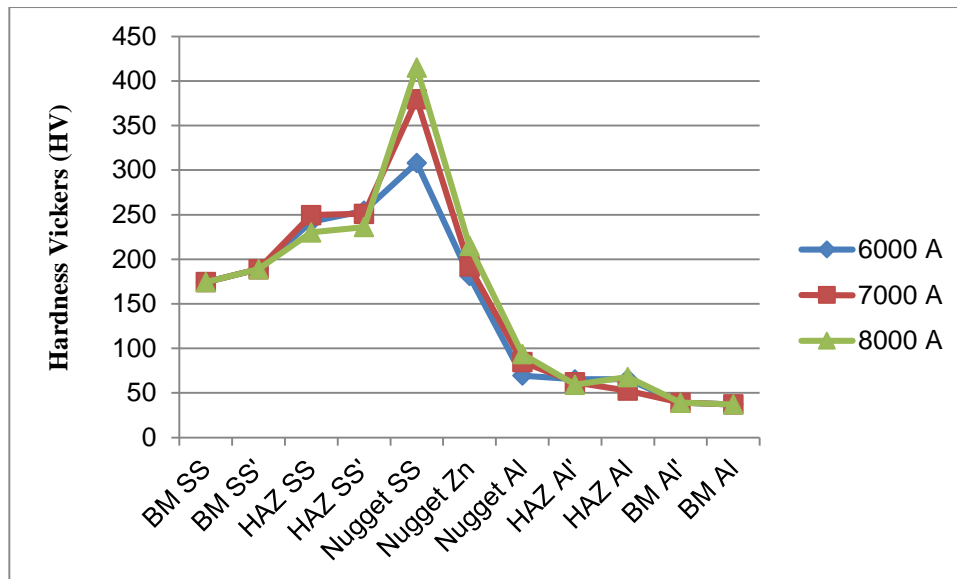


B

Gambar 12 Grafik distribusi profil kekerasan pada arus 8000 A tanpa *filler* (A) dan dengan *filler*(B)



A



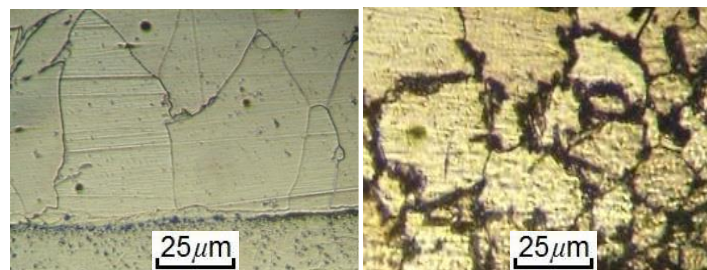
B

Gambar 13 Grafik distribusi profil kekerasan pada *weld time* 0,4 detik tanpa *filler* (A) dan dengan *filler* (B)

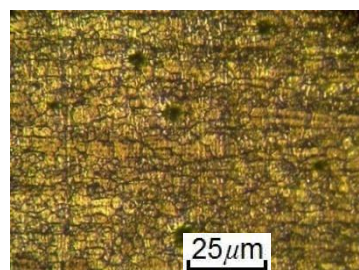
Kekerasan daerah *nugget* pada spesimen yang menggunakan *filler* mempunyai nilai kekerasan yang lebih tinggi daripada spesimen tanpa *filler*. Hal ini dapat dilihat pada struktur mikro.

A

B



C



Gambar 14 Hasil foto mikro daerah logam las/*nugget* (A), daerah *HAZ* (B), daerah logam induk/*base metal* (C).

Pengamatan foto struktur mikro pada gambar 14 di daerah *HAZ* dan logam las/*nugget* menunjukkan terjadinya penghalusan dan pertumbuhan butir akibat pemanasan dari proses pengelasan. Bentuk butir pada daerah logam las/*nugget* cenderung lebih halus dan besar daripada bentuk butir pada daerah *HAZ* dan logam induk/*base metal*, hal tersebut disebabkan karena masukan panas pengelasan yang tinggi menyebabkan laju pendinginan terjadi lebih lambat saat masuk daerah logam las/*nugget*. Semakin besar arus pengelasan maka masukan panas akan menjadi besar, sehingga pendinginan akan berjalan pelan. Selama solidifikasi laju pendinginan lambat, inti pertama bertambah besar akibat perpindahan atom dari cairan ke bahan padat. Akhirnya semua cairan bertransformasi dan butir bertambah besar. Butiran besar inilah yang menyebabkan kekerasan menurun (Yudhyadi, 2007).

Besarnya masukan panas mempengaruhi warna batas butir pada struktur mikro *HAZ* baja tahan karat. Semakin tinggi masukan panas semakin gelap warna batas butir struktur mikro. Hal ini disebabkan karena terbentuknya endapan karbida krom (Cr_{23}C_6) pada batas butir yang terjadi pada temperatur 450-850°C. Atom karbon akan bergerak dalam matriks logam dari logam las dan logam induk menuju *HAZ* dan menyebabkan unsur krom di daerah batas butir akan berkurang sehingga menurunkan ketahanan korosi logam tersebut, terutama korosi batas butir. Semakin cepat laju pendinginan maka kemungkinan terbentuknya karbida krom akan semakin kecil karena tidak cukup waktu untuk pembentukan endapan ini (Nurhidayat, 2012).

Foto mikro diatas juga menunjukkan pada daerah logam las/*nugget* memiliki fasa austenit yang lebih halus dari daerah *HAZ*, hal ini menyebabkan daerah lasan mempunyai nilai kekerasan paling tinggi.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan analisa grafis dan statistik diperoleh bahwa penambahan *filler metal zinc* berpengaruh positif terhadap kekuatan sambungan las.
- 2) Variasi arus 8000 A dan waktu 0,4 detik pada spesimen dengan menggunakan *filler* memiliki kekuatan sambungan las yang paling maksimal yaitu sebesar 1374,22 N.

- 3) Nilai kekerasan pada spesimen tanpa menggunakan *filler* maupun dengan menggunakan *filler* menunjukkan kecenderungan yang sama. Kekerasan pada daerah nugget mempunyai nilai yang paling tinggi disusul daerah *HAZ* dan kekerasan paling rendah pada daerah logam induk.
- 4) Kekerasan yang paling maksimal terdapat pada material dengan menggunakan *filler* dengan variasi arus 8000 A dan waktu 0,4 dt.

4.1 Saran

Penelitian mengenai pengelasan beda material perlu dikembangkan lagi dengan parameter yang berbeda-beda, bisa juga dengan parameter yang sama namun dengan material yang berbeda dari penelitian ini. Untuk hasil penelitian yang optimal, alat-alat pendukung yang digunakan juga harus lebih baik..

DAFTAR PUSTAKA

- ANSI/AWS/SAE/D8.9 American National Standart 1997 *Recommended Practies for test methods for evaluating the Resistance Spot Welding Behavior of Automotive Sheet Steel Materials*, American Welding Society, Miami,p.33-37
- Arghavani, M. dkk (2016) *Role of zinc layer in Resistence spot welding of aluminium to steel*, doi [10.1016/j.matdes.2016.04.033](https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.04.033). Departemen of Materials Science and Engineering, Sharif University of Technology, P.O Box 11365-9466, Azadi Ave, Tehran Iran
- ASME IX 2010 *Welding And Brazing Qualification*, American Society Mechanical Engineering, Three Park Avenue, New York,10016 USA
- ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, P.O Box C700, West Chonshohocken, PA 10428-2959, United States.
- Atabaki M, dkk. 2013. *Welding of aluminum alloys to steels: an overview*. OMB No. 0704-0188
- Mirza, F. dkk. 2016. *Effect of Welding Energy on Microstructure and Strength of Ultrasonic Spot Welded Dissimilar Joint of Aluminium to Steel Sheet*. Hhttp://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2016.05.040

- Nachimani, C. and Rajkumar, R. 2013. *Investigating Spot Weld Growth On 304 Austenitic Stainless Steel (2mm) Sheets*. Journal of Engineering Science and Technology vol.8, No. 1 (2013) 69-76
- Sun, M. dkk. 2004. *Resistance Spot Welding aluminium alloy to steel with transition material_from process to performance_part 1: Experimental Study*. Welding Journal 195-S
- Wirjosumarto H., Okumura T. 2000, *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta. Pradya Pramita, Jakarta.